

динамического ускорителя. Одним из способов регистрации места удара частицы является метод разделения заряда. Для осуществления метода разделения заряда предполагается использовать модифицированный цилиндр Фарадея (рис. 1а).

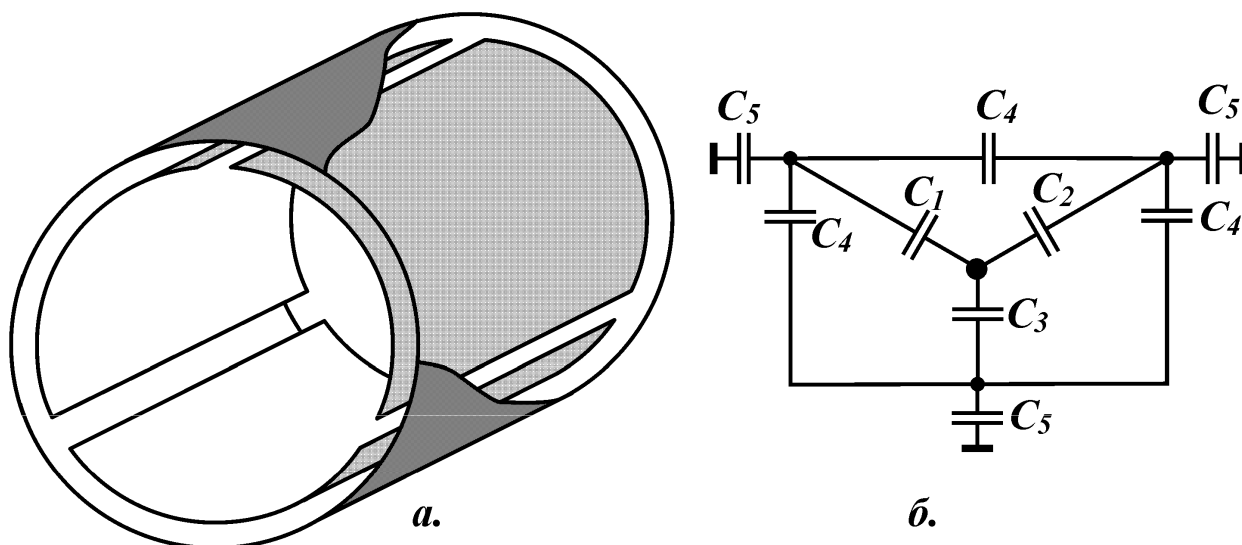


Рис. 1

Модифицированный цилиндр Фарадея состоит из экранирующего цилиндра, внутри которого расположены 3 электрода, которые вместе образуют внутренний цилиндр. Пролетая внутри такого датчика, заряженная частица наводит на участки внутреннего цилиндра различные потенциалы. Если заряженная частица летит по оси датчика, то потенциалы на всех трех внутренних поверхностях будут идентичны. Функция координаты частицы будет связана с различием потенциалов между собой.

Эквивалентная схема такого датчика представлена на рисунке 2б. Так как внутренний цилиндр поделен на 3 равные части, то все емкости (C_5) между внешним экраном и каждым из участков будут одинаковы. Также будут одинаковы взаимные емкости между участками (C_4). Емкости C_1 , C_2 и C_3 будут зависеть от расположения частицы внутри датчика.

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И.В. Пияков¹, Д.В. Родин²
(Самара, СГАУ, pijakov@mail.ru)
(Самара, СГАУ, rodin.ssau@gmail.com)

ION SOURCE OF TOF MASS-SPECTROMETER FOR SPACE RESEARCH

I.V.Piyakov, D.V. Rodin

В масс-спектрометрах источники ионов выполняют три основные функции: получение ионов, ускорение и формирование пучка или пакета ионов. Обычно источник ионов должен удовлетворять основным требованиям:

1. Разброс ионов по энергиям должен быть минимальным. Так, для получения разрешающей способности $R=10^3$ на приборе с магнитным анализатором относительный энергетический разброс не должен превышать 0,1% при отсутствии всех aberrаций анализатора и при бесконечно узкой выходной щели источника. Если же учесть конечную ширину выход-

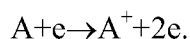
ной щели источника и абберрации анализатора, то допустимый относительный энергетический разброс ионов по энергиям должен быть снижен до 0,05–0,01%. В результате при средней энергии ионов $eV_0=2000$ эВ абсолютный энергетический разброс не должен превышать 0,2–1 эВ.

2. Ионный пучок должен иметь вполне определенные геометрические параметры. Углы расходимости ионов из источника не должны быть велики. С одной стороны, увеличение углов выхода ионов из источника ведет к увеличению общего ионного тока из источника и, следовательно, к увеличению чувствительности прибора в целом. С другой стороны, при этом возрастают абберрации второго и более высоких порядков малости, что снижает разрешающую способность прибора. Поэтому выбор углов расходимости ионов у источника должен быть оптимальным. Совершенно аналогичным должен быть подход к выбору ширины и высоты выходной щели источника.

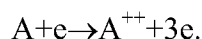
3. Коэффициент использования вещества должен быть максимальным, что особенно важно при анализе малых количеств пробы. Под коэффициентом использования вещества подразумевается отношение числа образовавшихся на выходе у источника ионов к числу расходуемых атомов или молекул вещества. Величина этого коэффициента может колебаться от единицы до 10^{-7} и влиять на чувствительность масс-спектрометров.

В масс-спектрометрии применяются источники ионов, в которых используются следующие способы получения ионов: с помощью электронного удара; методом вакуумной искры; фотоионизацией; с помощью сильных электрических полей; ионно-ионной эмиссией; взаимодействием лазерного излучения с твердым веществом; в результате прилипания электронов к атомам и молекулам; за счет ионномолекулярных реакций; за счет поверхностной ионизации.

Наиболее дешевыми являются источники ионов с электронным ударом. При соударении электронов с молекулами или атомами могут реализоваться два процесса: упругое и неупругое рассеяние. При энергиях бомбардирующих электронов ниже энергии ионизации, равной энергии связи электрона с атомом или молекулой ("потенциал ионизации"), будет идти в основном упругое рассеяние, а сечение ионизации при этом равно нулю. При энергиях ионизирующих электронов больших, чем энергия ионизации, внешний электрон атома или молекулы может получить энергию, достаточную для разрыва его связи с ядром, и покинуть атом или молекулу, что приведет к образованию положительного иона:



Кроме однократно заряженных могут образовываться также многократно заряженные ионы:



Механизм ионизации описывается принципом Франка-Колдона. Поскольку время пролета электронов с энергией ≈ 50 эВ через молекулу диаметром ≈ 10 ангстрем равно приблизительно $2\cdot 10^{-16}$ с, а время одного колебания ядер $\approx 9\cdot 10^{-15}$ с, то за время ионизации потенциальная энергия атома или молекулы практически не меняется. Поэтому ионизацию можно рассматривать как вертикальный переход в одно из состояний ионизированной частицы. Так, при взаимодействии электронов с молекулой водорода возможно несколько ее состояний. Начиная с энергии электронов 8,8 эВ происходит диссоциация молекулы на два нейтральных атома, каждый из которых обладает кинетической энергией более 2,2 эВ. Молекула может перейти в возбужденное состояние, а затем в основное состояние после облучения ультрафиолетовым светом.

При энергии электрона выше 15,6 эВ становится возможным образование устойчивого молекулярного иона H_2^{+} . При дальнейшем увеличении энергии электрона до 45 эВ возможно образование молекулярного иона H_2^{++} , диссоциирующего на два протона с энергией каждого 10 эВ. Аналогичным образом происходит ионизация и других веществ.

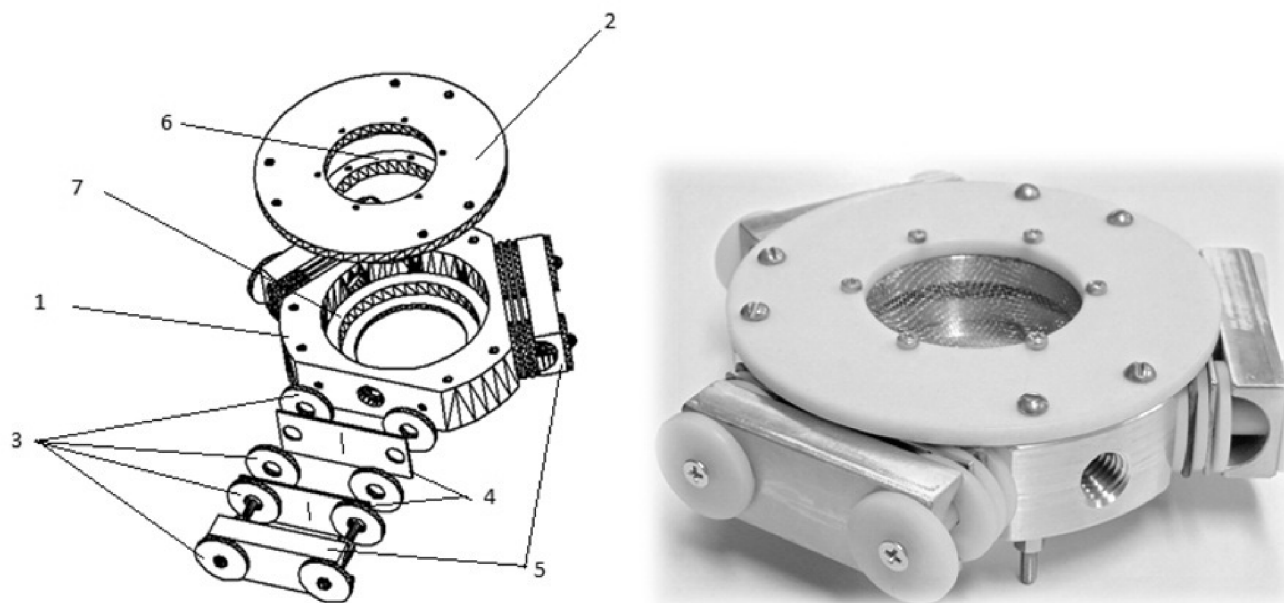


Рис. 1.

(1 – корпус, 2 – Диэлектрическое кольцо, 3 – изолятор, 4 – диафрагма, 5 – отражатель, 6,7 – держатели сеток.)

Недостатком большинства ионных источников с электронным ударом является малый срок службы катода электронной пушки, что вызывает необходимость его замены. Особенностью предложенной конструкции является дублирование электронных излучателей, для увеличения надежности и продления срока службы. При выходе из строя (перегорании, уменьшении эмиссии электронов и т.д.) одного термокатода, автоматически в работе используется один из резервных. Таким образом, срок службы увеличивается в 3 раза.

ПЫЛЕУДАРНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА МИКРОМЕТЕОРОИДОВ

Д.В. Родин¹, И.В. Пияков²

(¹Самара, СГАУ, rodin.ssau@gmail.com,

²Самара, СГАУ, pijakov@mail.ru)

DUST IMPACT MASS SPECTROMETER FOR INVESTIGATION OF MICROMETEOROID COMPOSITION

D.V. Rodin, I.V. Piyakov

Времяпролетные масс-спектрометры находят широкое применение для решения ряда задач при проведении космических экспериментов, для изучения химического состава космической пыли, космического мусора, собственной атмосферы космических аппаратов, грунта космических объектов, газопылевых хвостов комет и т.д.

Так, например, пылеударные масс-спектрометры используются для анализа микрометеоридных потоков [1, 2, 3]. В таких масс-спектрометрах, ввиду большого энергетического разброса ионов, возникающих в результате ударного взаимодействия частицы-ударника и